

VU Research Portal

Climatic and tectonic controls on river incision and Quaternary terrace staircase formation in the Pyrenees

Stange, K.M.

2014

document version

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

Stange, K. M. (2014). *Climatic and tectonic controls on river incision and Quaternary terrace staircase formation in the Pyrenees*. [PhD-Thesis - Research and graduation internal, Vrije Universiteit Amsterdam].

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

10.2. Samenvatting

Thesis titel: *De invloed van klimaat en neotektoniek op fluviatiele insnijding en rivierterrasvorming in de Pyreneeën*

Dit onderzoek bestudeert de koppeling van oppervlakteprocessen, klimaat en tektoniek, met betrekking tot erosie en sedimenttransport in riviersystemen in de Pyreneeën. Het transversale riviernetwerk van de Pyreneeën bevat diep ingesneden dalen met uitgebreide terrasvlakken in de voorlandbekkens. De gepaarde (bilaterale) rivierterrassen in de voorlandbekkens van de zuidelijke Pyreneeën (b.v. het Ebro bekken) laten opvallende onderlinge overeenkomsten zien in het aantal en de hoogte van de individuele terrasniveaus en de daaruit afgeleide mate van insnijding op de lange termijn (Kwartair) van de belangrijkste zuid-Pyreneese zijrivieren. De hoogte van de dalwanden in de noord Pyreneese rivieren is consistent, maar de dwarsdoorsneden over de dalen laten asymmetrische terrasvormen en ongelijkmatige terrasverspreiding en -preservatie zien. Deze studie heeft ook tot doel het ontrafelen van de drijvende krachten achter de fluviatiele insnijding en terrasvorming in de Pyreneeën. Hiervoor zijn twee belangrijke riviersystemen bestudeerd, de prominente Segre rivier in het zuidoosten van de Pyreneeën en de Garonne rivier die een groot deel van het centrale noorden in de Pyreneeën draineert.

Rivierterrassen zijn restanten van verlaten dalbodems ontstaan door insnijding. Ze zijn veroorzaakt door afwisselende periodes van dalbodemophoging door sedimentatie tijdens koudere periodes en fases van verticale insnijding en laterale dalwanderosie tijdens klimaattransities (b.v. Vandenberghe, 2001, 2008). Naast deze door het klimaat gestuurde terrasvorming is een lange-termijn insnijdingstrend op te merken waarbij de energie gecontroleerd wordt door de afvoer en bepaald wordt door het basisniveau van het fluviatiele netwerk (bv. Whipple and Tucker, 1999; Blum and Törnqvist, 2000). Lange-termijn rivierinsnijding is een veelvoorkomende reactie op het verlagen van het basisniveau of de verhoging van het drainagebekken (Merritts et al., 1994; Maddy et al., 2001). Daardoor kan dit proces alleen beoordeeld worden met inachtneming van specifieke klimatologische, tektonische en basisniveau configuraties van het rivierbekken.

Met behulp van een combinatie van digitale en op veldwerk gebaseerde methodes zijn op de eerste plaats verscheidene sedimentaire ontsluitingen bestudeerd op (post)depositionele structuren en deformaties. Daarnaast zijn belangrijke terrasniveaus bemonsterd voor het dateren met behulp van ¹⁰Be cosmogene nucliden. Op veldwerk gebaseerde geomorfologische karteringen zijn gecombineerd met op GIS gebaseerde DEM en stroomprofiel analyses. Tijdens een tweede stap zijn de resultaten geïntegreerd in een numeriek landschapsevolutiemodel (TISC; Garcia-Castellanos et al., 2003) dat is gebruikt om

de relatieve impact van kwartaire klimaatsverandering, tectonische opheffing, lithosferische flexurale isostasie en differentiële erodeerbaarheid van het gesteente terrasontwikkeling in de drainagesystemen van de zuidelijke Pyreneeën te bepalen.

Resultaten laten een relatief synchrone vorming van de terrasvlakken in het voorlandbekken zien in relatie tot Pleistocene glaciaal-interglaciaal cycli. Als gevolg hiervan zijn belangrijke alluviale terrasvlakken gevormd door dalbodempophoging tijdens maximale gletjeruitbreiding. De brede (b.v. vlechtende) dalbodems zijn verlaten tijdens de koud-warm klimaattransities omdat rivieren zich transformeerden naar een afvoer met één enkele stroombedding en zich insneden in het onderliggende substraat. Longitudinale terrascorrelaties in rivieren van zowel de noordelijke als de zuidelijke Pyreneeën laten (semi)parallelle terrasprofielen zien die duiden op een gelijkmatige verlaging van het basis niveau of een continue opheffing van het voorlandbekken (en de Pyreneeën) tijdens het Kwartair.

In de Garonne laten dateringen en morfogenetische correlaties met fluvioglaciale afzettingen zien dat belangrijke terrascomplexen gevormd zijn als reactie op de opeenvolgende glaciaties tijdens het Pleistoceen (b.v. tijdens MIS 6, 4 en 2). Dit impliceert grootschalige insnijding gerelateerd aan belangrijke (inter-glaciale) klimatologische transities. De individuele niveaus van de terrascomplexen zijn gescheiden door kleinschalige terrasresten die minder duidelijke intra-glaciale klimaatfluctuaties reflecteren. De bestudeerde ontsluitingen in de Garonne laten intense verwerking van sedimenten en grote sedimentfluxen zien in de noordelijke Pyreneeën. Deze zijn veroorzaakt door aanhoudende (sub)humide klimaatsomstandigheden en krachtige gletsjers die afdaalden tot aan het voorland van de noordelijke Pyreneeën (b.v. Calvet, 2004).

In de Segre rivier zijn dalbodems opgehoogd tijdens de glaciale fases MIS 8 (of 7), MIS 6, MIS 4 en MIS 2. Echter, de dateringen laten zien dat ook tijdens interglacialen met aanzienlijke interne klimaatswisselingen prominente terrasniveaus konden gevormd worden (b.v. tijdens de koudere fases van MIS 5). Lokale deformatie van alluviale afzettingen is veroorzaakt door breuken, plooien en halokinese. Anomalieën in de grinddikte in het midden- tot bovenstroomse bereik van de Segre zijn waarschijnlijk gerelateerd aan lokale verzakking en/of sedimentpulsen als reactie op de glaciale smelt fases of tijdelijke blokkades van de rivierstroming.

Door gebruik te maken van een numeriek model (*TISC*) – gebaseerd op berekening van de afvoerenergie en bevat aan de hand van erosieve oppervlakteprocessen, lithosferische isostasie, zeespiegel- en afvoerfluctuaties – zijn verschillende klimatologische, tektonische en baselevel scenarios getest om de meest relevante externe invloeden op fluviatiele insnijding en terrasvorming in het voorlandbekken van de zuidelijke Pyreneeën te bepalen. De resultaten van de berekeningen laten zien dat alleen het scenario met continue Kwartaire opheffing

en klimaatvariabiliteit (zoals b.v. gereflecteerd in zeespiegelniveau en afvoerfluctuaties) de (semi)parallelle terrasprofielen en midden- tot laat-Pleistocene insnijding genereert zoals waargenomen in de dalen van de zuidelijke Pyreneeën (b.v. Segre, Gállego). Op basis van de modelresultaten ondervinden de Pyreneeën en de voorlandbekkens continue (Kwartaire) opheffing. Dit verklaart ook de rivierinsnijding van de noord Pyreense rivieren (b.v. Garonne).

Zeespiegelfluctuaties beïnvloeden hoofdzakelijk de benedenstroomse takken van het Ebro netwerk en zijn verder (b.v. in de Segre rivier) niet belangrijk volgens het numerieke model. Een aanzienlijke zeespiegeldaling bij de monding van het Ebrobekken, bijvoorbeeld veroorzaakt door een (Pliocene) opheffing voor de Catalaanse kust (b.v. Janssen et al., 1993), veroorzaakt een snelle erosiegolf langs het drainagenetwerk van de Ebro die resulteert in divergente terrasprofielen en kleinschalige midden- tot laat-Pleistocene incisie magnitudes. Deregelijke ontwikkeling komt niet overeen met de (semi)parallelle terrasvlakken in het Ebrobekken (b.v. Segre). Het numerieke model laat ook zien dat klimaatfluctuaties (b.v. met veranderingen van afvoer en zeeniveau op glaciaal-interglaciale schaal) leiden tot ongelijkmatige insnijding langs longitudinale rivierprofielen.

Flexuur treedt op als reactie op de erosie langs de hoofdgeulen van het drainagenetwerk. Maar, de invloed van flexuur is verwaarloosbaar door het lage sedimentvolume dat geërodeerd wordt per tijdseenheid. Maar lithosferische isostatische opheffing intensiveert als erosie voortschrijdt langs de zijrivieren. Lange-termijn isostatische opheffing door erosie is uniform in het model, waarbij een algemene longitudinale gradiënt haaks op de as van de Pyreneeën wordt gehanteerd. Hierdoor kan lithosferische isostasie niet de ongelijkmatige dalgeometrieën in de noordelijke Pyreneeën verklaren, noch een mechanisme vormen voor de asymmetrische (west-laterale) terrasvlakken van de Garonne welke gevormd zijn door de progressieve insnijding en oostwaartse migratie van de Garonne tijdens het Kwartair. Dit impliceert dus een latitudinale gradiënt in opheffing en dus tektonische forcering.

Aanhoudende tektonische obductie in de Pyreneeën kan veroorzaakt worden door lithosferische compressie als reactie op (langzame) convergentiesnelheid tussen Iberia en Europa, welke lithosferische plooïing en korst verkorting in het voorland veroorzaakt en regionale isostatische opheffing door erosie (Cloetingh et al., 2002; Vergés et al., 2002; Vernant et al., 2013). Dit bevestigt externe forcering door opheffing. De simulatiemodellen laent bovendien ook zien dat het huidige drainagesysteem in het Ebro voorland actief insnijdt en niet in evenwicht is.